PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-339699
(43)Date of publication of application : 21.12.1993

---

(51)Int.Cl. C23C 4/12

---

(21)Application number : 04-147625
(22)Date of filing : 08.06.1992

(71)Applicant : ONODA CEMENT CO LTD
(72)Inventor : FUMIYA AKIRA
YAKUSHINJI KAZUYA
FUKAMI SHINJI

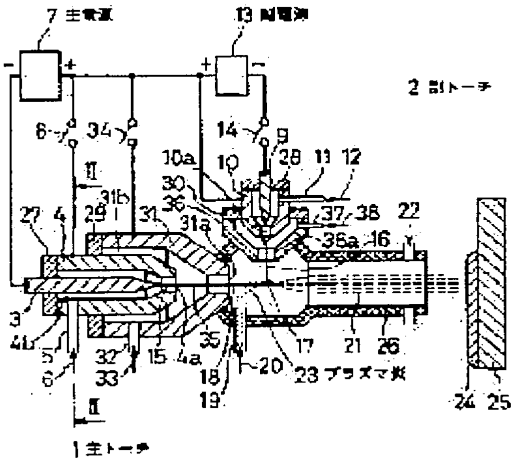
---

(54) PLASMA THERMAL SPRAYING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To form a densely thermally sprayed film by increasing the temp. of the liquid drops of a thermal spraying material coexisting in the plasma flame ejected from a plasma torch to a high temp. and increasing the flow velocity thereof.

CONSTITUTION: Carbon dioxide, oxygen or air 6 is supplied to an arc 15 generated between cathode 3 and anode 4 of a double torch type plasma thermal spraying device to form the plasma flame 23 and the powdery thermal spraying material 20 is supplied to this plasma flame 23, by which this material is fluidized together with this plasma flame 23 and is melted therebetween. The temp. thereof is thus increased and the speed is increased to bring the melt thereof into collision against a base material 25 for thermal spraying.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁（JP）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平５－３３９６９９

(43)公開日　平成5年(1993)12月21日

(51)Int.Cl.⁵	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｃ２３Ｃ　4/12				

審査請求　未請求　請求項の数４　（全１０頁）

(21)出願番号　特願平4-147625

(22)出願日　平成4年(1992)6月8日

(71)出願人　000000240
小野田セメント株式会社
山口県小野田市大字小野田6276番地

(72)発明者　文屋　明
東京都江東区南砂2－7－5　小野田セメント株式会社アイオニクス事業部内

(72)発明者　薬真寺　和八
東京都江東区南砂2－7－5　小野田セメント株式会社アイオニクス事業部内

(72)発明者　深見　慎二
東京都江東区南砂2－7－5　小野田セメント株式会社アイオニクス事業部内

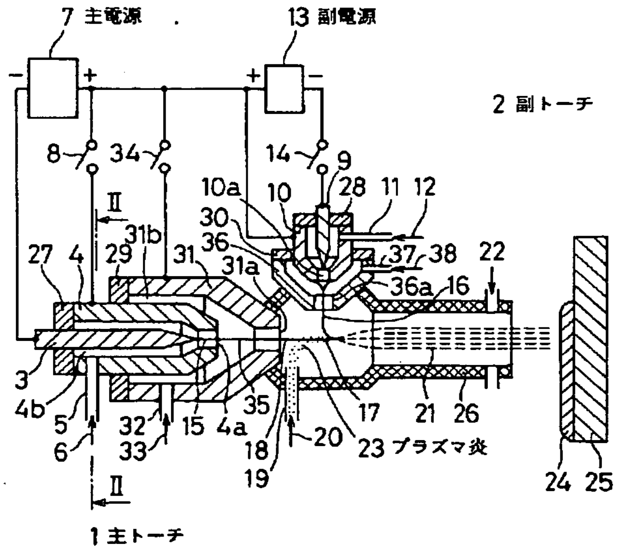
(74)代理人　弁理士　斎藤　侑　（外2名）

(54)【発明の名称】プラズマ溶射方法

(57)【要約】

【目的】　プラズマトーチから噴出するプラズマフレーム中に混在する溶射材料の液滴の温度を高温化すると共にその流速を高速化して緻密な溶射膜を形成する。

【構成】　複トーチ型プラズマ溶射装置の陰極と陽極間に発生するアークに二酸化炭素を供給してプラズマフレームを形成し、該プラズマフレームに粉末状の溶射材料を供給して、そのプラズマフレームと共に流動し、その間に溶融して高温化すると共に高速化して溶射母材に衝突させる。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　プラズマ溶射トーチのプラズマガスとして二酸化炭素、酸素又は空気を用いることを特徴とするプラズマ溶射方法。

【請求項２】　複合型プラズマ溶射トーチの主トーチの陰極と副トーチの陽極間にアークを発生し、該主トーチにプラズマガスとして二酸化炭素を供給し、該主トーチの出口から外方に向かってプラズマ炎を主トーチの中心軸と同心的に噴出し、そのプラズマ炎に粉末状の溶射材料を供給して、それをプラズマ炎で溶融して高温化すると共に高速化して溶射母材に衝突することを特徴とするプラズマ溶射方法。

【請求項３】　複合型プラズマ溶射トーチの主トーチの陰極と副トーチの陽極間にアークを発生し、該主トーチにプラズマガスとして酸素を供給し、該主トーチの出口から主トーチの中心軸と同心的に旋回しながら外方に向かってプラズマ炎を噴出し、そのプラズマ炎に粉末状の溶射材料を供給して、それをプラズマ炎で溶融して高温化すると共に高速化して溶射母材に衝突することを特徴とするプラズマ溶射方法。

【請求項４】　複合型プラズマ溶射トーチの主トーチの陰極と副トーチの陽極間にアークを発生し、該主トーチにプラズマガスとして空気を供給し、該主トーチの出口から主トーチの中心軸と同心的に旋回しながら外方に向かってプラズマ炎を噴出し、そのプラズマ炎に粉末状の溶射材料を供給して、それをプラズマ炎で溶融して高温化すると共に高速化して溶射母材に衝突することを特徴とするプラズマ溶射方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】この発明は一般の機械器具の表面に、金属又はセラミック等の溶射膜を緻密に形成するためのプラズマ溶射方法の改良に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】従来のプラズマ溶射方法はプラズマトーチの陰極と陽極との間に直流高電圧を印加して、その間にアークを形成し、該陰極の周囲からプラズマトーチの出口に向かって噴出するアルゴン等のプラズマガスで前記アークを合流して、そこにプラズマフレームを形成し、該プラズマフレーム中にタングステン等の粉末状溶射材を供給し、これをプラズマフレームの流れに乗って移動する間に、プラズマガスの高熱によって溶融して液滴状態にし、この液滴を前記一般機械器具等の溶射母材の表面に衝突させて、そこに溶射膜を形成する方法である。

【０００３】この溶射方法はプラズマトーチの電極を保護することと、入手が容易であること等を考慮して上述のようなプラズマガスとしてアルゴンガスを用いるが、このガスの特性上、その質量と熱伝導率が定っているので、前述のアルゴンガスによるプラズマフレームにおける流速と質量の相乗積である運動量、及びプラズマフレームにおけるプラズマのもつ高熱を溶射材料に伝導する際の熱量にはおのずから限度がある。

【０００４】従って、プラズマフレームによって運ばれる溶射材料が母材に衝突する際の速度及び液滴の温度も夫々アルゴンガスの性質によって定まり、母材の表面に液滴の堆積によって形成される溶射膜の緻密度を一定限度以上向上することは困難である。

【０００５】プラズマガスとして炭酸ガスを用いると、それらの性質上プラズマフレームの高速化と高温化を期待できるが、酸化を早めたりして電極を傷め易いので、長期間使用することができない。

【０００６】また窒素を用いると、上述の理由で電極を傷めることは少ないが、そのガスの特性上１気圧における比重が０．９６７であり、１０００°Ｃにおける熱伝導率が７．４であるので、前記アルゴンガスのそれらが夫々１．３８０、５．０であることと比較すると前記溶射膜の緻密度をアルゴンを用いた場合よりそれ程向上することは無理である。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的はプラズマトーチを用いた従来の溶射方法によって得られる母材表面の溶射膜の内部構造を今までのそれより緻密にするための溶射方法を得ることである。

【０００８】他の目的はアークを伸長させることで、高電圧低電流とし、電極が損耗することを防止して、長期間の使用に耐えられるようにすることである。

【０００９】また他の目的はプラズマトーチから母材に向かって噴出するプラズマフレームの運動量を増加して溶射材料の液滴の流速を高速化することと、プラズマのもっている熱量を粉末状の溶射材料に高い熱伝導率で伝導して高温にすることを両立することである。

【００１０】

【課題を解決するための手段】この発明の溶射方法は主プラズマトーチの陰極の周囲からその出口を経て保護ガスを噴出し、該陰極と副プラズマトーチの陽極間にアークを発生し、該アークにおける陰極側寄りに炭酸ガスと粉末状の溶射材料を供給することである。

【００１１】

【作用】主プラズマトーチの陰極の周囲から出口に向って噴出する保護ガスによって、その陰極を保護し、該プラズマトーチの陰極と副プラズマトーチの陽極間に高圧直流電源を接続してその間にアークを発生する。

【００１２】該アークにおける陰極側寄りに比較的比重の大きな二酸化炭素を供給して、高速で流れるプラズマフレームを形成し、そのプラズマフレーム中に粉末状溶射材料を供給して、高速に流動し、その流動する間にプラズマの熱で粉末状溶射材料を溶解して、無数の液滴状にする。

【００１３】斯様にして形成された高速の液滴を液射母

材の表面に高速で衝突させて堆積し、そこに緻密な内部構造の溶射膜の層を形成する。

【００１４】

【実施例】この発明の実施例を図１及び図２によって説明すると、複合型プラズマトーチの主トーチ１と副トーチ２の間にヘアピン状アーク１７を形成し、該主トーチ１にプラズマガスとして二酸化炭素を供給してプラズマフレーム２１を形成し、そのプラズマフレーム２１中に供給された溶射材料２０を液滴化すると共に高速化して溶射母材に衝突して皮膜２４を形成する溶射方法である。

【００１５】前記複合プラズマ装置の主トーチ１は主陰極３を放出口４ａを形成せる主外套４と絶縁物２７で主空間４ｂを隔てて同心的に包囲し、その主外套４に主プラズマガス送入口５を図２に示すように主陰極３の周囲に対して切線方向に形成し、ここから主空間４ｂに一次プラズマガス６としてアルゴンガスを供給し、該主外套４の外側を狭穿口３１ａを形成せる主第二外套３１と絶縁物２９で主第２空間３１ｂを隔てて同心的に包囲し、その主第二外套３１に主第二プラズマガス送入口３２を主外套４の周囲に対して切線方向に形成し、ここから第二主空間３１ｂ内に二次プラズマガスとして二酸化炭素ガス３３を供給する。

【００１６】また副トーチ２は副トーチ起動電極９を囲み、かつ放出口１０ａを有する副第一外套１０が、副トーチ起動電極９と同心をなすように絶縁物２８によって取り付けられており、更に副プラズマガス１２としてアルゴンガスが副ガス送入口１１から送入されるようになっている。

【００１７】又、副第二外套３６は絶縁物３０によって副外套１０と同心をなすように取り付けられており、副第二プラズマガス送入口３７を通って副二次プラズマガス３８としてアルゴンガスが送入される。

【００１８】主電源７はその負端子が前記主陰極３に接続されており、正端子にはそれぞれスイッチ手段８、３４を介して、主外套４及び主第二外套３１に接続されている。

【００１９】副電源１３はその正端子が主電源７の正端子及び副トーチ２の副外套１０に接続されており、副電源１３の負端子はスイッチ手段１４を介して副トーチ起動電極９に接続されている。

【００２０】図１及び２に示した各トーチの起動は次に示すような順序で行われる。すなわち、スイッチ８を閉じて主電源７により、主陰極３と主外套４の放出口４ａの間に主起動アーク１５をまず形成させ、これによって一次プラズマガス６としてのアルゴンガスが加熱されて、主外套４の放出口４ａから放出される導電性のプラズマが主第二外套３１の狭窄口３１ａを通って、主トーチ１から放出される。

【００２１】この時、スイッチ手段３４を閉じ、次いでスイッチ手段８を開くと、既に形成されているプラズマを介して主起動アーク１５が消去されると同時に主陰極３の先端から放出されるアークは、主第二外套起動アーク３５を形成し、これによって、一次プラズマ６として供給されるアルゴンガスと、二次プラズマガス３３として供給される二酸化炭素ガスが加熱されて、その二酸化炭素ガスの特性上密度と、熱伝導率が共に大きいプラズマ炎２３となり、これが主トーチ１の外部に放出される。

【００２２】次にスイッチ手段１４を閉じて、副電源１３によって副外套１０と副トーチ起動電極９との間に副起動アーク１６を形成させると、副プラズマガス１２がこのアークによって加熱され副外套１０の放出口１０ａよりの導電性プラズマが形成され、これは更に副第二外套３６の先端の狭窄口３６ａを通って導電性プラズマが副トーチ２の外部に放出される。

【００２３】これらのプロセスが終了すると、主トーチ１と副トーチ２とは、その中心軸が交叉するように設置されているので、それぞれから放出される導電性のプラズマが導電路を形成し、この段階において、スイッチ３４及び１４を開くと、主電源７によって主陰極３の先端から副外套１０の放出口１０ａの外面に向かって定常ヘアピンアーク１７が形成され、この時主トーチ１に送入されるガスの量と、副トーチ２に送入されるガスの量を各々調整することによって、図１に示された如く、主トーチ１の中心軸とほぼ同心をなすプラズマ炎２３が形成される。

【００２４】材料送入管１９よりプラズマ炎２３に向かって送入された皮膜材料２０は、高温で高いエンタルピーを持つプラズマ１８によって直ちに高温に加熱されて溶融し、溶融皮膜材料の液滴２１に示した如く前述のように密度と熱伝導率の大きなプラズマ炎２３に同伴されながら、あまり広がらないで母材２５に向かって進行する。そしてこの間に、該液滴は大きな密度のプラズマガスによって高速化され、かつ大なる熱伝導率によって高温化される。このようにして溶融皮膜材料の液滴２１を含むプラズマ炎２３は、フレーム外套２６に形成され、かつ、母材２５の直前に設けられたプラズマ分離手段２２によって、プラズマ１８のみが分離され、その直後に溶融した高温の皮膜材料の液滴２１は母材に高速で衝突し、皮膜２４を緻密に形成する。

【００２５】以上図１及び図２に示す複合型プラズマトーチを用いる場合のプラズマ溶射方法を説明したが、本発明はそれに限定されるものでなく、図３及び図４に示す複合型プラズマトーチを用いて実施することも可能である。

【００２６】図３のものは、主陰極３の中心軸上に同心、同径の主ガス送入口５を設けた絶縁物２７、放出口４ａを有する主外套４、主第二ガス送入口３２を設けた絶縁物２９、そして狭窄口３１ａを有する主第二外套３

１によって主トーチ１が構成されている。

【００２７】この時、図４に示されるように主ガス送入口５或は主第二ガス送入口３２より主プラズマガス６或は主第二ガス３３がまずガス環状室４８へ送入され、一個の旋回流形成孔４９或は等分に配置された複数個の旋回流形成孔４９を通って、絶縁物２７或は絶縁物２９の内壁５０を旋回するように矢印５１の如く送入される。

【００２８】次に主トーチ１の中心軸と交叉するように配置された副トーチ起動電極９は、同心をなすように順に絶縁物２８、放出口１０ａを有する副第一外套１０、絶縁物３０そして副第二外套３６によって取り付けられており、更に主トーチ１の絶縁物２７或は絶縁物２９と同様の図４の旋回流ガス形成手段４７を有する絶縁物２８に設けられた副ガス送入口１１から副ガス１２が送入され、絶縁物３０に設けられた副第二ガス送入口３７を通って副第二ガス３８が送入されるようになっている。

【００２９】ここに、主電源７はその負端子が主陰極３に接続されており、正端子にはそれぞれスイッチ手段８、３４を介して、主外套４及び主第二外套３１に接続されており、これらが全体として主トーチ１を構成している。

【００３０】副電源１３はその正端子が主電源７の正端子及び副トーチ２の副外套１０に接続されており、副電源１３の負端子はスイッチ手段１４を介して副トーチ起動電極９に接続され、これらが全体として副トーチ２を形成している。

【００３１】図３に示した各トーチの起動は次に示すような順序で行われる。すなわち、スイッチ８を閉じて主電源７により、主陰極３と主外套４の放出口４ａの間に主起動アーク１５をまず形成させ、これによって主プラズマガス６が加熱されて、主外套４の放出口４ａから導電性のプラズマが主第二外套３１の狭窄口３１ａを通って、主トーチ１から放出される。

【００３２】この時、スイッチ手段３４を閉じ、次いでスイッチ手段８を開くと、既に形成されている前記プラズマ１８を介して主起動アーク１５が消去されると同時に主陰極３の先端から放出されるアークは、主第二外套起動アーク３５を形成し、これによって、主プラズマガス６と主第二ガス３３が加熱されて、プラズマ炎２３が主トーチ１の外部に放出される。

【００３３】次にスイッチ手段１４を閉じて、副電源１３によって副外套１０と副トーチ起動電極９との間に副起動アーク１６を形成させると、副ガス１２がこのアークによって加熱され、副外套１０の放出口１０ａよりの導電性プラズマ１８ａが形成され、これは更に副第二外套３６の先端の狭窄口３６ａを通って前記導電性プラズマ１８ａが副トーチ２の外部に放出される。

【００３４】これらのプロセスが終了すると、主トーチ１と副トーチ２とは、前述のとおりその中心軸が交叉するように設置されているので、それぞれから放出される導電性のプラズマ１８、１８ａが導電路を形成する。

【００３５】この段階において、スイッチ３４及び１４を開くと、主電源７によって主陰極３の先端から副外套１０の放出口１０ａの外面に向かって定常ヘアピンアーク１７が形成される。

【００３６】この時主トーチ１に送入されるガスの量と、副トーチ２に送入されるガスの量を各々調整することによって、図３に示された如く、主トーチ１の中心軸とほぼ同心をなすプラズマ炎２３が形成される。

【００３７】この時、図１に示されるように副トーチ２の副トーチ起動電極９の先端を副第１外套１０の放出口１０ａの手前に位置させ、陽極点が放出口１０ａの内壁であったものを、副トーチ起動電極９の先端を副第一外套１０の放出口１０ａの出口面上近傍に位置することにより、副起動アーク１６の陽極点を副第一外套１０の放出口１０ａの出口面上に形成させ、副起動アーク１６を副トーチ２の出口より図１のものと比較して伸長させ、容易に定常ヘアピンアーク１７を形成させることができる。

【００３８】また、副トーチ２のアーク１８ａの周りに強い旋回流を形成するようにガスを供給する手段を設けることにより、アーク１８ａをトーチ２の軸心位置に維持するとともに同心に旋回環状ガスシースを形成させ、副トーチ２の副外套１０の放出口１０ａ及び副第二外套３６の狭窄口３６ａの内壁に及ぼす熱負荷は均一に軽減され、アーク１８ａにより、局所的に損傷されることがなく、保守、点検無しに安定した運転ができる。

【００３９】図３の材料送入管１９よりプラズマ炎２３に向かって送入された皮膜材料２０は、高温で高いエンタルピーを持つプラズマ１８によって直ちに高温に加熱されて溶融し、溶融皮膜材料２１に示した如くプラズマ炎２３に同伴されながら、あまり広がらないで母材２５に向かって進行する。

【００４０】この溶融皮膜材料２１を含むプラズマ炎２３は、母材２５の直前に設けられたプラズマ分離手段２２によって、プラズマ１８のみが分離され、その直後に溶融した皮膜材料２１は母材２５に衝突し、皮膜２４を形成する。

【００４１】この時、アーク柱周りに強い旋回流を形成するようにガスを供給する手段を設けることにより、アーク柱をトーチの軸心位置に維持するとともに同心に旋回環状ガスシースを形成させた結果、従来のプラズマ炎２３を形成する複合トーチ型プラズマ溶射装置ではなし得なかった乱流域で、プラズマ炎２３が高密度に絞られ、伸長した安定な状態で溶射ができ、溶射溶材料はよく溶融し、高速度で母材２５に吹き付けられるので、高品質な皮膜２４が高効率で得られる。

【００４２】図５に示すものは図３及び図４の実施例において、副トーチ２を主トーチ１の中心軸線上に複数個等角度間隔をおいて放射状に設けたものであり、同図中

図３及び図４と同一符号で示す部分はその名称及び機能についても同様である。

【００４３】上記図５に示す複合型プラズマ溶射装置を用いて、その主第二ガス送入口３３から第二プラズマガスとしてCO_2を送入した場合の２つの実例を以下に示す。

【００４４】第１例

溶射粒子２１の加熱より充分な加速が求められるプラズマ溶射法の一例として、ＷＣ－１２％Ｃｏのような大気下・高温域で材料が熱分解しやすい溶射材料２０について、表１に示すような低エンタルピーの溶射条件で溶射した。

【００４５】

【表１】

ＷＣ－１２%Ｃｏの溶射条件

サンプル	A	B	C
ノズル径（mm）	4	4	4
出　力（KW）	90	90	90
電　流（A）	54	268	250
電　圧（V）	355	336	360
１次ガス	Ar	Ar	Ar
流量（m^3/h ）	3.5	3.5	3.5
２次ガス	N_2	Air	CO_2
流量（m^3/h ）	4.8	4.2	3.5
溶射距離(mm)	100	100	100
フィード量(g/mim)	50	50	50

＊【００４６】また、材料性状として、プラズマ中で熱分解しやすい一次粒子の微細な造粒粉を用いた。その結果、プラズマガス３３にCO_2を用いたものは、従来の窒素を用いたものに比べて、表２に示すように皮膜２４の硬度は、大幅に向上し、そして耐摩耗性についても図６に示すＪＩＳ－Ｈ－８６１５に応じたアブレッシブ摩耗試験結果から、極めて良好であった。

【００４７】

【表２】

＊

ＷＣ－１２%Ｃｏ溶射皮膜の

ビッカース硬度試験結果

サンプル	A	B	C
レンジ	856 ～ 1124	881 ～ 1018	1040 ～ 1292
平　均	970	948	1152

【００４８】このようにCO_2プラズマ溶射により、高品質な皮膜特性が得られたのは、溶射粒子２１が充分に加速されたことによるものである。それは、図７、図８及び図９のＸ線回折結果から、ガス密度の大きいCO_2、空気、窒素の順に、すなわちガス速度の大きい順にＷＣの分解が抑えられていることからもわかる。

【００４９】第２例

溶射粒子２１の加速かつ加熱が求められるプラズマ溶射法の一例として、Cr_2O_3溶射材料について、表３に示す溶射条件で溶射した。

【００５０】

【表３】

Cr_2O_3の溶射条件

サンプル	A	B	C	D	E	F
メーカー	日本研磨材工業					
粒度（μm）	10～44(20)					
材料投入位置	上流	下流	上流	下流	上流	下流
ノズル径(mm)	4	4	4	4	4	4
出　力(KW)	95	95	95	95	95	95
電　流(A)	250	250	270	270	258	256
電　圧(V)	380	380	350	350	371	375
1次ガス	Ar+20% H_2					
流量（m^3/h）	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
2次ガス	CO_2		O_2		N_2	Air
流量（m^3/h）	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
溶射距離(mm)	120	110	120	110	120	120
フィード量(g/min)	30～35	30～35	30～35	30～35	30～35	30～35

【0051】その結果、プラズマガス33にCO_2を用いたものは、従来の酸素、空気や窒素を用いたものに比べて、第4表に示すように皮膜の硬度は、大幅に向上し、そして耐摩耗性についても図6に示すJIS－H－8615に応じたアブレッシブ摩耗試験結果から、良好であった。

【0052】

【表4】

Cr_2O_3の溶射皮膜の

ビッカース硬度試験結果

◎条件：＊加重：300g　＊加重保持時間：15sec

ｻﾝﾌﾟﾙ	A	B	C	D	E	F
ﾚﾝｼﾞ	1541～1693	1277～1521	1357～1521	1374～1521	1444～1541	1261～1463
平均	1616	1376	1466	1434	1492	1396

【0053】このようにCO_2プラズマ溶射により、高品質な皮膜特性が得られたのは、CO_2が高温域で熱伝達性が良くサーマルピンチ効果が促進されて、熱集中性が高まり、溶射粒子21が充分に加熱かつ加速されたことによるものである。溶射粒子21が充分に加熱されたことは、表3の溶射条件でプラズマガス33にCO_2を用いたときの溶射効率が、従来の酸素、空気や窒素を用いたものに比べて、約50％向上したことからもわかる。

【0054】

【発明の効果】この発明は上述のとおりであるので、母材の表面に形成される溶射膜の内部構造を従来の方法と比較してそれよりも緻密にすることができる。

【0055】また、アークを伸長させることで、高電圧低電流とし、電極の先端部分の損耗することを防止して長期間の使用に耐えられる。

【0056】特に主トーチに二酸化炭素ガスを供給することによって、そのガスの特性、即ち、密度と熱伝導率が共に高いことを利用して、プラズマフレームの運動量を増加し、溶射材料の液滴の流速を高速化するとともに、プラズマのもっている高熱量をその高い熱伝導率で高熱化することを両立させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明のプラズマ溶射方法の実施例を示す縦断面図である。

【図２】図１のII－II線部の断面図である。

【図３】他の実施例の縦断面図である。

【図４】図３のIV－IV線部の断面図である。

【図５】更に他の実施例の縦断面図である。

【図６】ＷＣ－１２％Ｃｏ溶射皮膜のアブレッシブ摩耗試験結果を示す線図である。

【図７】ＷＣ－１２％Ｃｏ溶射皮膜のＸ線回折結果を示す線図である。

【図８】ＷＣ－１２％Ｃｏ溶射皮膜のＸ線回折結果を示す他の線図である。

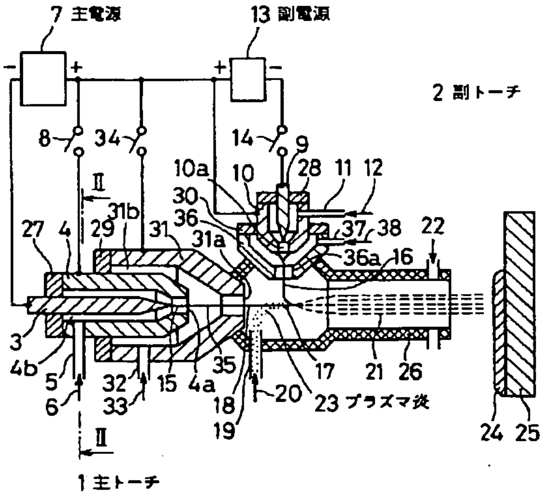
【図９】ＷＣ－１２％Ｃｏ溶射皮膜のＸ線回折結果を示す別の線図である。

【図１０】Cr_2O_3 溶射皮膜のアブレッシブ摩耗試験結果を示す線図である。

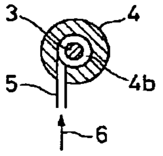
【符号の説明】

1	主トーチ
2	副トーチ
3	主陰極
4	主外套
4ａ	放出口
4ｂ	主空間
5	主ガス送入口
6	主プラズマガス
7	主電源
8	スイッチ手段
9	副トーチ起動電極
１０	副外套
１０ａ	放出口
１１	副ガス送入口
１２	副プラズマガス
１３	副電源
１４	スイッチ手段
１５	主起動アーク
１６	副起動アーク
１７	定常ヘアピンアーク
１８	プラズマ
１９	材料送入管
２０	皮膜材料
２１	溶融被膜材料の液滴
２２	プラズマ分離手段
２３	プラズマ炎
２４	皮膜
２５	母材
２６	フレーム外套
２７	絶縁物
２８	絶縁物
２９	絶縁物
３０	絶縁物
３１	主第二外套
３２	主第二ガス送入口
３３	主第二ガス
３４	スイッチ手段
３５	主第二外套起動アーク
３６	副第二外套
３７	副第二ガス送入口
３８	副第二ガス
３９	旋回流ガス形成手段
４０	ガス環状室
４１	旋回流形成孔
４２	内壁
４３	矢印

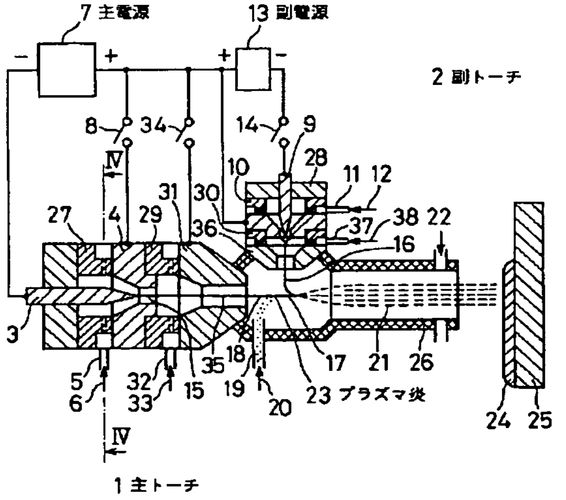
【図１】



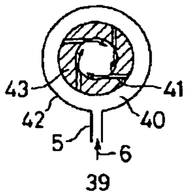
【図２】



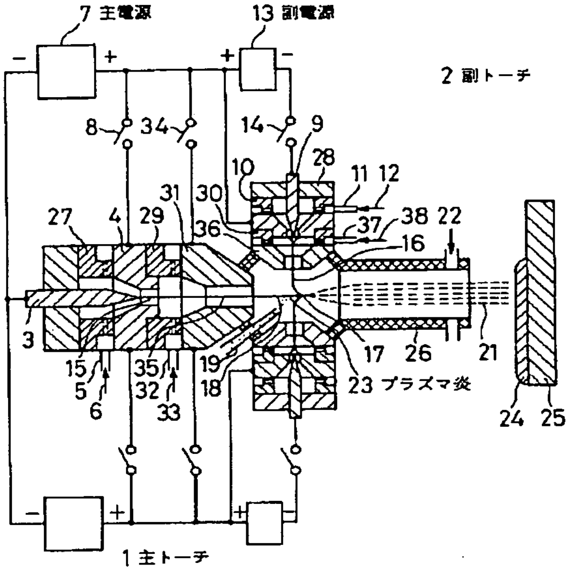
【図３】



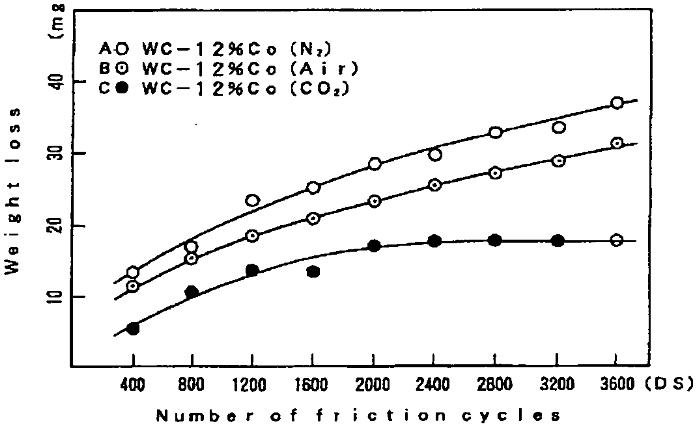
【図４】


43
41
42
40
5
6
39

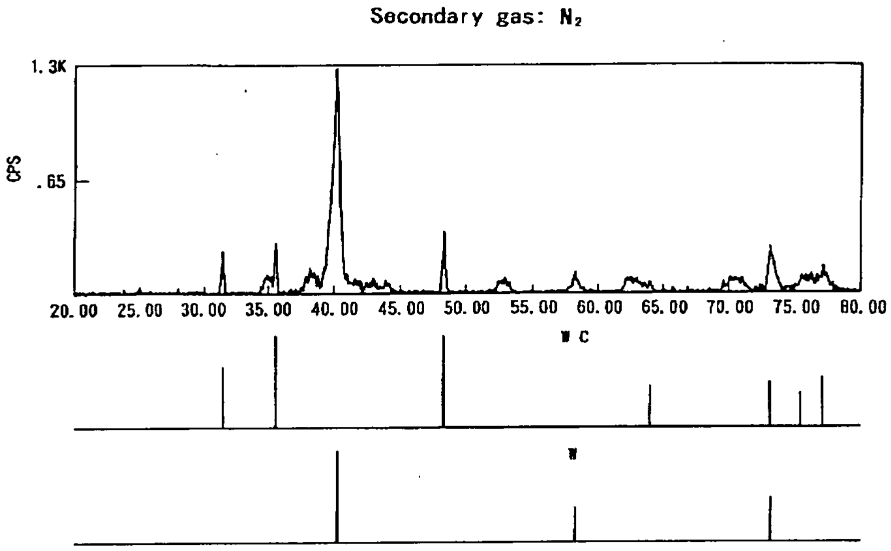
【図５】


7 主電源
13 副電源
2 副トーチ
1 主トーチ
23 プラズマ炎
−
+
8
34
14
9
10
28
11
12
31
30
27
4
29
36
37
38
22
16
3
15
5
6
35
32
33
19
18
17
26
21
24
25

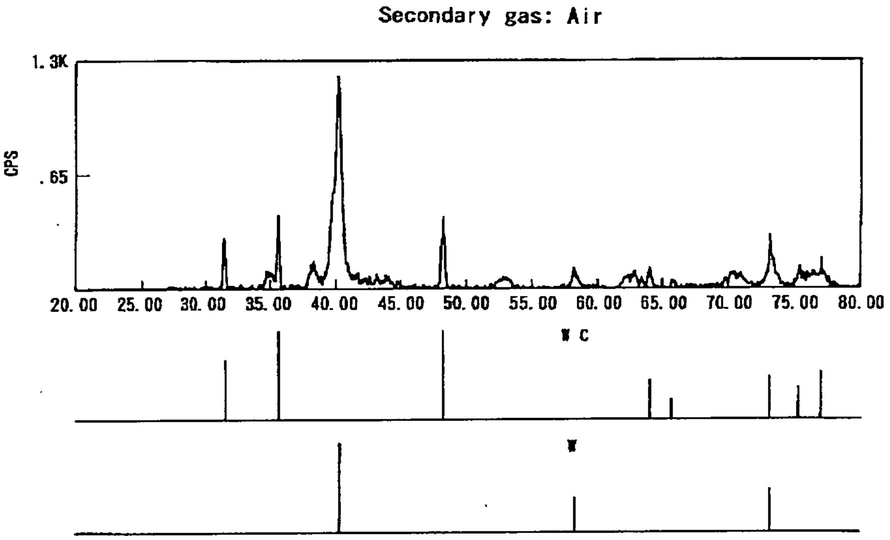
【図６】


A○ WC−12%Co (N₂)
B⊙ WC−12%Co (Air)
C● WC−12%Co (CO₂)
Weight loss (mg)
10
20
30
40
400
800
1200
1600
2000
2400
2800
3200
3600 (DS)
Number of friction cycles

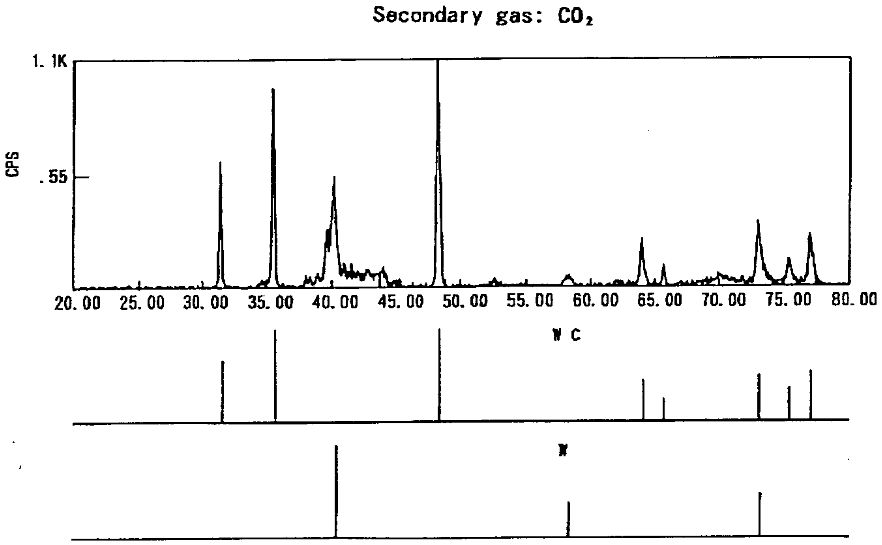
【図7】


Secondary gas: N$_2$
1. 3K
CPS
. 65
20. 00
25. 00
30. 00
35. 00
40. 00
45. 00
50. 00
55. 00
60. 00
65. 00
70. 00
75. 00
80. 00
W C
W

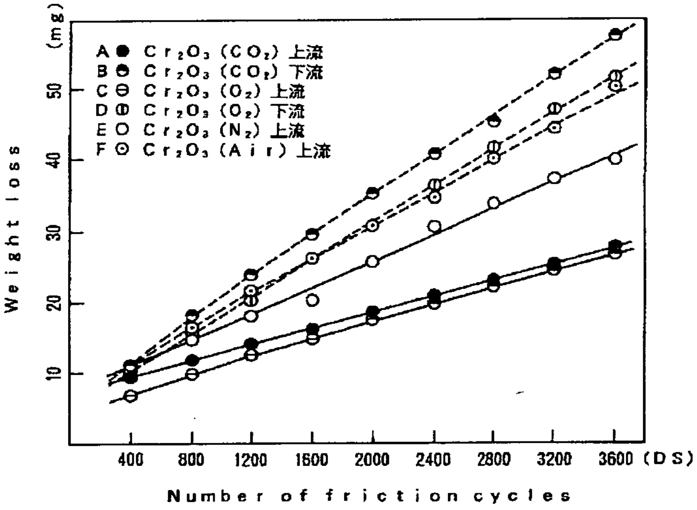
【図8】


Secondary gas: Air
1. 3K
CPS
. 65
20. 00
25. 00
30. 00
35. 00
40. 00
45. 00
50. 00
55. 00
60. 00
65. 00
70. 00
75. 00
80. 00
W C
W

【図９】


Secondary gas: CO_2
1.1K
CPS
.55
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
45.00
50.00
55.00
60.00
65.00
70.00
75.00
80.00
W C
W

【図１０】


A ● Cr_2O_3 (CO_2) 上流
B ◒ Cr_2O_3 (CO_2) 下流
C ⊖ Cr_2O_3 (O_2) 上流
D ⦶ Cr_2O_3 (O_2) 下流
E ○ Cr_2O_3 (N_2) 上流
F ⊙ Cr_2O_3 (Air) 上流
Weight loss (mg)
10
20
30
40
50
400
800
1200
1600
2000
2400
2800
3200
3600
(DS)
Number of friction cycles